

# DermaSystem III

## Gestión Informática en Dermatología

Trabajo De Fin de Grado en Ingeniería del Software Curso 2014-2015



U N I V E R S I D A D  
**COMPLUTENSE**  
M A D R I D

Autor | Pablo Andrés Castañeda

Director | Gonzalo Pajares Martinsanz

Colaboradora externa | Isabel Longo Imedio

# Índice

Autorización.....	5
Resumen.....	6
Palabras clave.....	6
Summary.....	7
1 Introducción.....	8
1.1 Planteamiento del sistema.....	8
1.2 Análisis de la situación actual.....	9
1.3 Objetivos.....	10
1.4 Fases de definición y organización del trabajo.....	12
1.5 Introduction.....	13
1.5.1 System approach.....	13
1.5.2 Today Analysis.....	14
1.5.3 Aims.....	14
1.5.4 Definition phase and work organization.....	15
2 Tratamiento de imágenes.....	17
2.1 Aislamiento de la lesión dermatológica.....	17
2.2 Análisis y propiedades de la lesión dermatológica.....	20
2.2.1 Textura y Color.....	21
2.2.2 Geometría.....	27

3 Análisis y Diseño.....	29
3.1 Especificación de requisitos.....	31
3.1.1 Carga de imágenes desde un dispositivo de captura.....	31
3.1.2 Aislamiento de la lesión dermatológica.....	31
3.1.3 Procesamiento lesión dermatológica.....	32
3.1.4 Exposición de los resultados de procesamiento.....	32
3.1.5 Almacenaje de los resultados de procesamiento.....	32
3.2 Especificación de casos de uso.....	33
3.3 Diagrama de casos de uso.....	36
3.4 Diagrama de clases.....	37
3.5 Sistema de archivos.....	38
4 Implementación.....	39
4.1 Tecnologías utilizadas.....	39
4.2 Interfaces.....	40
5 Manual de usuario.....	41
6 Conclusiones y Futuro.....	45
6.1 Conclusiones.....	45
6.2 Futuro de la aplicación.....	45
6.3 Conclusions.....	46
Bibliografía.....	47



# Autorización

Se autoriza a la Universidad Complutense de Madrid a difundir y utilizar con fines académicos, no comerciales y mencionando expresamente a sus autores, tanto la propia memoria, como el código, la documentación y/o el prototipo desarrollado.

Firmado:

Pablo Andrés Castañeda

# Resumen

DermaSystem es un trabajo de fin de grado basado en una aplicación de escritorio y otra nueva aplicación web recién incorporada, ambas con un mismo fin que es el de gestionar pacientes en el ámbito dermatológico. El proyecto se inició hace dos años bajo la nomenclatura también de trabajos fin de grado, en particular centrándose en la gestión de historiales de pacientes dermatológicos y sus correspondientes muestras fotográficas sobre el seguimiento de sus lesiones en la piel tomadas a lo largo del tiempo y recogidas en sus historiales médicos.

En este tercer año se ha desarrollado una aplicación web, la cual permite la captura de imágenes dermatológicas para su posterior tratamiento de las muestras dermatológicas mediante la aplicación de técnicas de tratamiento de imágenes. Tras el aislamiento de la lesión mediante un proceso asistido y personalizado por el profesional sanitario, se genera un informe estadístico resultado del análisis de las imágenes con la afección dermatológica, el cual podrá ser guardado en un fichero para relacionarlo con la persona del sistema de gestión de pacientes. Esto permite a posteriori comparar las distintas estadísticas generadas, lo que facilitará el análisis y diagnóstico del paciente a tratar. A diferencia de las versiones previas de DermaSystem esta aplicación ha sido desarrollada bajo la premisa de su compatibilidad con las versiones anteriores.

En aras de los fines recién descritos, el sistema de DermaSystem ha sido desde sus inicios sugerido y guiado por la Doctora en medicina Doña Isabel Longo Imedio, especialista en Dermatología Médico-Quirúrgica y Venereología en el Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla.

Además de los fines técnicos informáticos logrados con realización a este proyecto, de los cuales hay que descartar sus potenciales beneficios en la evolución de sistemas informáticos sobre diagnóstico dermatológico, ha servido para afianzar y demostrar parte de los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación universitaria durante la realización del Grado de Ingeniería Software.

## Palabras clave:

Aplicación web, dermatología, sanidad, Java, JavaScript, jQuery, JAI, Cliente-Servidor, procesamiento de imágenes.

# Summary

DermaSystem is a final degree based on a desktop application and another web application recently created, both of them pursuing the same goal which is managing patients in dermatological images of patients in this context. The project has been developed during the last two years always as a final degree work, particularly focusing on dermatological patients history and their corresponding photo samples about the skin stains monitoring taken upon their medical history.

In this third year a web application has been developed, it provides the capture of the dermatological samples to be able their treatment through the stain isolation (assisted and customized by a health professional), and it generates a statistical report which is a result of the dermatological stain analysis, which will be able to be saved in a file to be related with the person who belong to the patient management system. Because of this a posteriori the difference stats will be able to be compared, this will ease the analysis and patient diagnose. Unlike the last two previous versions, this has been developed individually, however it is compatible with the previous versions and it fits the work made to date.

In order to the goals above described, the application DermaSystem has been from the beginning suggested and guided by the female doctor Mrs Isabel Longo Imedio, specialist in Medical Surgery Dermatology and Venereology in Central Hospital of Defense Gomez Ulla.

On top of that achieved, the IT goals obtained by the accomplishment of this project, between which is necessary underline their potential benefits in the IT systems evolution of dermatological diagnostic it has been helped to support and demonstrate part of the knowledge acquired upon the university training during the enrollment in the Software Engineering degree.

## **Keywords:**

Web Application, Dermatology, Health, Java, JavaScript, jQuery, JAI, Client-Server, picture processing.

# 1.Introducción

Este trabajo tuvo su primera razón de ser tras la iniciativa por parte de la doctora en medicina Doña Isabel Longo Imedio, quien gracias a su experiencia profesional y a su observación de cómo las nuevas tecnologías computacionales pueden ayudar al diagnóstico y a la gestión del historial de pacientes, intuyó la necesidad y el potencial beneficio de crear una herramienta con la que se pudiera gestionar la información de los pacientes, si bien de una forma personalizada según los requerimientos específicos del ámbito dermatológico, en particular en lo que se refiere a la evolución, control y diagnóstico de afecciones en la piel mediante la aplicación de técnicas de tratamiento de imágenes bajo la cobertura de una aplicación informática.

Esta necesidad, vislumbrada por esta profesional sanitaria dio lugar al desarrollo de sendos proyectos informáticos, también en el ámbito de los trabajos fin de grado (Llorente y col., 2013; Álvarez y col., 2014) . Ambos proyectos se centraron principalmente en la gestión administrativa de los pacientes y de las distintas muestras, basadas en imágenes, previamente capturadas.

La evolución del proyecto DermaSystem a partir de las versiones previas se refleja en el presente trabajo, cuyo objetivo principal se ha centrado básicamente en crear una aplicación web, cuyo *back-end*, que representa el núcleo del programa informático que la soporta, se ejecuta en la plataforma servidor asumiendo el mayor peso del procesamiento de las imágenes, así como la generación de resultados. El desarrollo se ha realizado en Java utilizando además recursos web codificados en la parte del cliente, *front-end* de la aplicación, usados tanto para la selección y aislamiento de la lesión dermatológica de interés que aparece en las imágenes como para la representación de los datos obtenidos tras su procesamiento.

## 1.1. Planteamiento del sistema

La característica principal que ha marcado el desarrollo de DermaSystem, tanto en las anteriores versiones como en la presente, se ha centrado en el hecho de que se trata de un sistema que ha sido implementado para un entorno específico real, ya que como se ha indicado con anterioridad, éste ha sido confeccionado teniendo en cuenta las necesidades del día a día de los profesionales en dermatología.



También es importante resaltar, que DermaSystem a día de hoy no es un sistema de diagnóstico propiamente dicho, ya que no posee un módulo inteligente de aprendizaje, puesto que tampoco es éste el propósito del presente trabajo.

En realidad, DermaSystem en la versión que se presenta es una herramienta de asistencia al diagnóstico, mediante el tratamiento de imágenes, para el profesional en dermatología, a la vez que una herramienta de ayuda a la gestión de todos los datos recogidos de los pacientes para controlar sus afecciones.

Por estos motivos, es importante recalcar que el sistema en su estado actual es el producto obtenido a través de una especificación de requisitos real y su aplicación está preparada para que gestione datos reales así como un gran número de pacientes.

Por otro lado, como se ha podido comprobar en el transcurso de su desarrollo, el sistema es modular y escalable. Está diseñado y preparado para que se siga perfeccionando y añadiendo nuevas funcionalidades, según vayan surgiendo durante su uso o interacción con los profesionales sanitarios.

DermaSystem puede extrapolarse a prácticamente todos los ámbitos de la dermatología, e incluso también puede servir para su adaptación a otros campos de la medicina en los que existan tomas de muestras fotográficas, cuyas imágenes sirvan para el diagnóstico médico, como podría ser el caso de la oncología o cualquier disciplina que implique el uso de imágenes, incluyendo radiografías, resonancias magnéticas, tomografías u otras. Simplemente habría que adaptar el módulo de gestión de pacientes a uno más específico para la disciplina en cuestión. Las rutinas de procesamiento de imágenes se incorporarían al sistema de forma sencilla y eficiente.

La aplicación ha sido desarrollada en inglés ya que es el lenguaje estándar en el mundo del software y de esta forma podría fácilmente utilizarse en cualquier país.

## 1.2 Análisis de la situación actual

Hoy día los desarrollos de aplicaciones informáticas en medicina constituyen herramientas clave en diversos aspectos, destacando de gestión de datos de pacientes, su control y seguimiento, el análisis de datos, la monitorización y un largo, etc., todo ello orientado hacia una gestión eficaz a la vez que sirven como ayuda al diagnóstico de forma eficiente.

En particular, cada ámbito de la medicina suele disponer de aplicaciones específicas aplicadas a sus necesidades y la dermatología no ha de ser una excepción que escape a los beneficios de la informatización aplicada a la gestión de pacientes y a la asistencia en sus diagnósticos.

La mayoría hoy en día relacionados con el ámbito dermatológico necesitan costosas licencias para su adquisición o uso y sobre todo están centrados en la gestión de pacientes, sus historiales y citas o bien en el almacenamiento de las imágenes tomadas como muestra. Los que ofrecen la funcionalidad de comparar imágenes lo hacen de forma simple, como por ejemplo realizando superposiciones o mostrando las muestras conjuntamente. En general no están pensados para realizar análisis de procesamiento exhaustivo de las imágenes como ayuda al diagnóstico. Esta circunstancia ha permitido el planteamiento de la aplicación que se describe en el presente trabajo, cuyo enfoque principal se ha orientado hacia la obtención de resultados estadísticos derivados tanto del análisis de la textura y evolución de color de las lesiones dermatológicas que aparecen en las imágenes así como la geometría de las mismas. Estas propiedades permiten determinar la evolución de dichas lesiones por comparación de los resultados actuales con los obtenidos y almacenados previamente.

## 1.3 Objetivos

El objetivo principal ha sido el de proveer a DermaSystem de la herramienta práctica por la cual surgió la idea de su creación inicialmente. Esta herramienta ha de ser capaz de cargar fotos de imágenes con muestras de afecciones dermatológicas de pacientes, y posteriormente proveer de los métodos necesarios para aislar la lesión con el fin de analizarla a posteriori. En este análisis se trata la imagen con el fin de extraer conclusiones estadísticas sobre las características geométricas y de textura de la lesión del paciente. Además, estos resultados deberán ser almacenados para su posterior comparación con el resto de imágenes que se vayan tomando a lo largo del tiempo sobre la misma zona de la lesión dermatológica.

Es entonces el objetivo principal, escalar el sistema DermaSystem ya existente para dotarle de una herramienta que ayude a los profesionales dermatológicos, en particular a la doctora inspiradora del presente proyecto, a realizar sus labores de diagnóstico, gestionando la información sobre sus pacientes y facilitando la comparación sobre la evolución de las lesiones dermatológicas plasmadas en forma de imágenes.

Desde el punto de vista informático, los objetivos específicos que se plantean en el presente trabajo se concretan en los siguientes:

- 1) Desarrollar una aplicación informática basada en el modelo *back-end* para el procesamiento de imágenes dermatológicas en un servidor.
- 2) Desarrollar e implementar rutinas de tratamiento de imágenes para la extracción de descriptores de textura y geométricos para el análisis de las lesiones generadas por las lesiones dermatológicas.
- 3) Desarrollar un interfaz hombre-máquina (IHM) de naturaleza front-end para interacción con el sistema y visualización de los resultados derivados del análisis.
- 4) Desarrollar un módulo de gestión de datos de pacientes para facilitar la comparación de los resultados a lo largo del tiempo.

Además, resulta de interés añadir que como objetivo último y altruista, que también se persigue, es contribuir a la evolución y normalización del uso de aplicaciones informáticas en el ámbito médico, en particular en relación con el campo dermatológico con el fin de nutrir a los profesionales de los beneficios funcionales que ello genera, agilizando el tratamiento de problemas de salud y haciendo más eficaz y precisa la gestión de información del paciente y los datos asociados con la evolución de sus afecciones.

También se tiene en mente cómo este tipo de aplicaciones puede ayudar y mejorar la vida de personas que por diferentes razones no tengan fácil acceso a instalaciones para tratamientos médicos específicos, ya sea porque se encuentren en lugares recónditos o por vivir en un clima económico-social subdesarrollado en el que exista una carencia de recursos que impidan diagnósticos y seguimientos apropiados. Con esta aplicación se pone un granito de arena en la promoción del diagnóstico a distancia en el actual mundo de las comunicaciones, el cual podría beneficiar a gran parte de la humanidad ayudando a mejorar su calidad de vida. Eso sí, se requeriría la implantación de las tecnologías informáticas asociadas in-situ, aunque bien es cierto sin requerir la presencia de profesionales dermatológicos, que podrían ubicarse en emplazamientos remotos altamente especializados.

Por lo tanto como fin implícito se busca contribuir a la mejora de la sanidad y por lo tanto a la vida de los pacientes, mejorando la gestión de recursos disponibles, es decir, aportar como fin último beneficios a la sociedad.

## 1.4 Fases de definición y organización del trabajo

Esta sección contiene básicamente la información relativa a cómo ha sido estructurado y planificado el trabajo para conseguir el propósito de continuar DermaSystem, aportando la aplicación principal para el análisis y comparación de afecciones dermatológicas.

En primer lugar, a principios del curso lectivo se llevaron a cabo varias reuniones de organización y definición del proyecto conjuntamente con el director del mismo, así como con la doctora colaboradora externa. Estas primeras reuniones tuvieron como objetivo la extracción y especificación de requisitos, ya que en ellas básicamente, se definieron los requerimientos del sistema a desarrollar, con quienes hicieron las veces de clientes de la aplicación informática, en este caso el coordinador y la colaboradora externa como usuarios finales de la aplicación en su trabajo profesional. Ambos eran quienes tenían claro la funcionalidad buscada para resolver problemas específicos en el ámbito dermatológico, así como una visión global de la trayectoria y necesidades pendientes del sistema DermaSystem en sus dos versiones previamente desarrolladas, de esta forma se consiguió una definición clara y concisa del mismo.

Una vez fijados los requisitos, se identificaron consecuentemente los casos de uso de la aplicación, definiendo las potenciales acciones disponibles a realizar por el usuario.

Tras la definición de las fases previas, se centró el esfuerzo en definir las tecnologías a utilizar. Se eligió como lenguaje de desarrollo JAVA por su probada eficiencia en el desarrollo de las versiones previas de DermSystem, particularmente involucrando sistemas locales y remotos además por la existencia de librerías específicas para el tratamiento de imágenes en este lenguaje, algo que sin duda favorecería los posteriores desarrollos. Dentro de tales librerías destacan las conocidas como Java Advanced Imaging (JAI, 2015) o las OpenCV (2015). Tras realizar las pruebas iniciales suficientes para comprobar su funcionamiento, se diseñaron las distintas partes de la aplicación que han permitido, a través de tres simples pasos que se detallarán en la siguiente sección, cumplir el propósito inicial marcado para el desarrollo de este nuevo módulo a incorporar en el sistema DermaSystem.

La siguiente fase fue la de implementación de lo diseñado, con reuniones periódicas con el coordinador del proyecto para controlar el progreso del desarrollo, aconsejar y dar ideas para su

ejecución de la manera más satisfactoria posible. Y por último el esfuerzo final se centró en la definición, búsqueda y depuración de métricas y estadísticas que constituyen finalmente los parámetros proporcionados por la aplicación para relativizar y comparar la evolución de las afecciones dermatológicas a lo largo del tiempo.

El trabajo se organiza de forma que en la sección dos se describen los fundamentos sobre el tratamiento de imágenes desarrollado para cumplir con los fines de la aplicación. En la sección tres se describe el análisis y diseño del sistema realizados, incluyendo la definición de requisitos, casos de uso y diagrama de clases. En la sección cuatro se describen los detalles relativos a la implementación, conteniendo las tecnologías utilizadas e interfaces desarrollados. Por último, en la quinta es incluido el manual de usuario.

## 1.5 Introduction

The origin of this project was thanks to the Dra. Isabel Longo Imedio initiative and experience, who thought that a tool to manage patients info and info related with their dermatological stains could be beneficial to the diagnostic and to control the evolution of their diseases.

This necessity originated the creation of two previous projects in 2013 and 2014, both of them centered their work management of patient data and their stain images.

The evolution of these projects is gathered in this project, which main goal is creating a web application with a backend that implements all the image treatment and the reporting and frontend part that provide the functionality to isolate and select the stain's area.

### 1.5.1 System approach

The main factor that has been influenced DermaSystem, is that the system has been plan to be used in a real environment to help in the necessities of the everyday professional life.

In addition is important to stand out the fact that DermaSystem is not a diagnostic system due to it does not have a apprenticeship module, it is a tool to help the diagnostic and to manage the data related with patients and their dermatological stains.

For this reasons is important to highlight the system has been obtained from a real requirements specification and is prepared to manage real data from patients.

In other hand, the system is modular and scalable therefore it allows new functionalities required once it is tested in real environments by the healthcare professionals.

DermaSystem can be extrapolated to any dermatological specialization, even to other sanitary fields as oncology or where images or radiographs are used to diagnose. Only should be necessary to adapt the management module to the field and the image treatment could be easily added.

The application has been developed in English that is the world standard language, therefore it can be used in any country.

### 1.5.2 Today Analysis

Today software tools are essential in patient data management, to control the evolution of their diseases, to help in the monitoring and finally to diagnose, dermatology field should not be the exception.

Most of the tools currently in the market are designed to manage data of the patients or to store the images taken as samples. They are prepared to help in the management, not in diagnostic. This is the main reason has driven this project, the fact of creating an application that provides the mechanism to deeply analyze and to treat dermatological images to generate a complete statistic results, based in stain geometry, texture and color. All this information allows to compare the the different results obtained in different dates when the images were taken.

### 1.5.3 Aims

This project's goal is to provide to DermaSystem the tool that was the main reason to create the system in its inception. This is able to load images of the patient stains and provide the necessary methods to analyze them a posteriori. The image's analysis is treated to obtain the results about the texture, color an geometry. Data can be download to compare the different results over time.

The main aim of this project is to scale the existing Dermasystem project providing the proper tool to help in the dermatological diagnostic to healthcare professional, particularly to help to Dra Isabel Longo Imedio manages her patients info and to easy the control of their evolution.

From the software perspective, the specific goals are:

- 1) Create a software application to process dermatological images in the backend located in a server.
- 2) Develop and implement image treatment routines to extract the geometric and texture parameters to analice the dermatological stains.
- 3) Develop a man-machine frontend interface to interact with the system and to visualize the results derived from the analysis.
- 4) Develop a managing patient data module to easy the comparison of the results over time.

In other hand, as altruist goal, this project seeks to contribute in the normalization of the use of software applications in the medical field to provide the functional benefits that it generates, making more agile and efficient data management associated to the evolution of patients stains.

In addition this new version of DermaSystem seeks to help and improve people's quality life who, due to different reasons, could have problems to access to the health facilities. The dermatologist could work remotely in locations with high prepared equipment to treat their patients being far away from them, so a clear benefit for health and society is sought.

#### 1.5.4 Definition phase and work organization

In this section is explained how the work was organized in order to accomplish the different goals of the applications.

First, several meeting were necessary to extract the requirements of the application from the stakeholders, particularly with the director of this project and the potencial user and external collaborator, the female doctor. Both of them were who had totally which kind of application they were seeking to be attached and evolve the last versions of DermaSystem.

Once the requirements were specified the use cases were defined, thereafter the effort was focused to define the technologies to create the application. Java was chosen due to the proved efficiency in previous DermaSystem versions and to the existence of high quality libraries, Java Advanced Imaging (JAI, 2015) and OpenCV (2015), about image treatment, something that could make easier future developments. After define the technologies, having the requirements, all the system modules and their functionalities were defined.

The next phase was the application's implementation guide for the design, having weekly meeting with the project coordinator to control the development progress, to advise and provide ideas about the different implementation possibilities.

Finally all the efforts were focused to define all the metrics and stats to properly analyze all the images properties that make possible the stain samples comparisons.

In the second section of this document the fundament of image treatment to reach the goals are defined. In the third section the system analysis and design are described, including the requirements specification and use cases. In the fourth section the implementation details are explained, including the developed interfaces. In the fifth section the manual is included.



## 2. Tratamiento de imágenes

Como se ha mencionado previamente, el fin último de la aplicación creada, es proveer de una herramienta para el tratamiento y comparación de distintas muestras de afecciones dermatológicas con el fin de facilitar su diagnóstico.

Tras la toma de la imagen, durante la cual es esencial que se repitan las mismas condiciones de captura de la muestras, es decir que las distintas fotografías tomadas en distintos instantes de tiempo, sean adquiridas en las mismas condiciones ambientales tanto de luminosidad como de posicionamiento, para evitar que las diferencias de intensidad y geométricas afecten significativamente a la comparación entre las distintas muestras. Por esta razón se había pensado en acoplar un dispositivo físico a la cámara del móvil, una especie de mecanismo constituido por una carcasa con la apertura frontal abierta y acoplada a la cámara. O bien un dispositivo con cámara en el que se pueda controlar siempre el posicionamiento de las distintas partes del cuerpo respecto del dispositivo de captura, manteniendo las mismas características ambientales. Por lo tanto, antes del tratamiento de las muestras, se asume que éstas han sido tomadas en condiciones similares para no contaminar la comparación evolutiva de la afección dermatológica.

En lo que respecta al tratamiento de imágenes, a continuación se describen las dos fases fundamentales que lo caracterizan esto es, el aislamiento de la lesión y su consecuente análisis estadístico.

### 2.1 Aislamiento de la lesión dermatológica

Dentro del sistema global, constituido principalmente por su *front-end* y *back-end*, la parte relativa al aislamiento de la lesión se encuentra en la parte del front-end de la aplicación. Este diseño permite poder interactuar de forma amigable, a la vez que se respetan los estándares de usabilidad con el usuario. Se ha desarrollado utilizando lenguajes como Html5, JavaScript, CSS y frameworks de estos dos últimos lenguajes citados respectivamente, como BootsStrap o JQuery (haciendo uso también de *plugins* ya creados en este último caso).

En primer lugar, para el aislamiento de la lesión ha sido necesario proveer de un mecanismo para cargar la imagen desde el lugar donde se encuentre almacenada hasta que la aplicación la tenga disponible para su tratamiento. Una vez hecho esto se ha implementado el sistema de recorte de la lesión, el cual permite al usuario elegir una región de la lesión interactivamente a partir de la cual se va a realizar el posterior aislamiento, procesamiento y análisis. La figura 1 muestra un esquema representativo de la interacción realizada para la selección del área de la parte dermatológica deseada. Básicamente los datos que tienen relevancia son los cuatro vértices del cuadrilátero de selección del área de recorte, ya que teniendo estos 4 datos, los cuales se pueden observar en a parte derecha de la figura 1, se puede acotar la zona sobre la que se va a realizar el tratamiento, visual en la parte del *front-end* y estadístico en el *back-end* de la aplicación.

## DERMASYSTEM

Step 1: Upload the image and surround the stain.



Figura 1. Carga de la imagen y aislamiento de la lesión (obtenida de la aplicación realizada)

El procesamiento de la región de interés seleccionada se lleva a cabo mediante lo que en procesamiento de imágenes se conoce como segmentación de regiones. Exactamente se utiliza el crecimiento de regiones mediante semillas (Pajares y Cruz, 2007). Se trata de una técnica que agrupa píxeles en regiones más amplias por agregación de píxeles. Se inicia el proceso con un píxel considerado como “semilla” a partir del cual se añaden nuevos píxeles con características, en este caso de color, similares a las de la semilla. El proceso continúa agregando píxeles agrupados en la región hasta que no existan más píxeles que satisfagan el criterio de inclusión en la región.

De este modo, aplicando la técnica de crecimiento mencionada, una vez recortada la imagen por el usuario, el siguiente paso para aislar definitivamente la lesión es que el usuario marque un píxel perteneciente a la región seleccionada. Dicho píxel posee unas determinadas características respecto de sus valores espectrales en el modelo de color RGB, que constituyen la base para la agregación de nuevos píxeles con componentes espectrales similares. Además se ofrece al usuario la posibilidad de poder editar la tolerancia que se utilizará por cada canal RGB, es decir, sobre qué porcentaje de margen se considerará en cada canal de color para determinar si los píxeles analizados pertenecen a la lesión o no. Por ejemplo, si el usuario selecciona un píxel cuyas componentes espectrales RGB están definidas por los siguientes valores:

$$\text{Canal Rojo (R)} = 100 \quad \text{Canal Verde (G)} = 150 \quad \text{Canal Azul (B)} = 80$$

Y además selecciona los siguientes niveles de tolerancia para los distintos canales:

$$\text{Tolerancia Rojo} = 10\% \quad \text{Tolerancia Verde} = 90\% \quad \text{Tolerancia Azul} = 25\%$$

El resultado es que sólo se considerarán parte de la lesión los píxeles que tengan el valor de sus componentes espectrales dentro de los siguientes intervalos:

$$\text{Intervalo canal rojo (ICR):} \quad 100 \pm (0,1 * 255) \Rightarrow 74 \leq ICR \leq 126$$

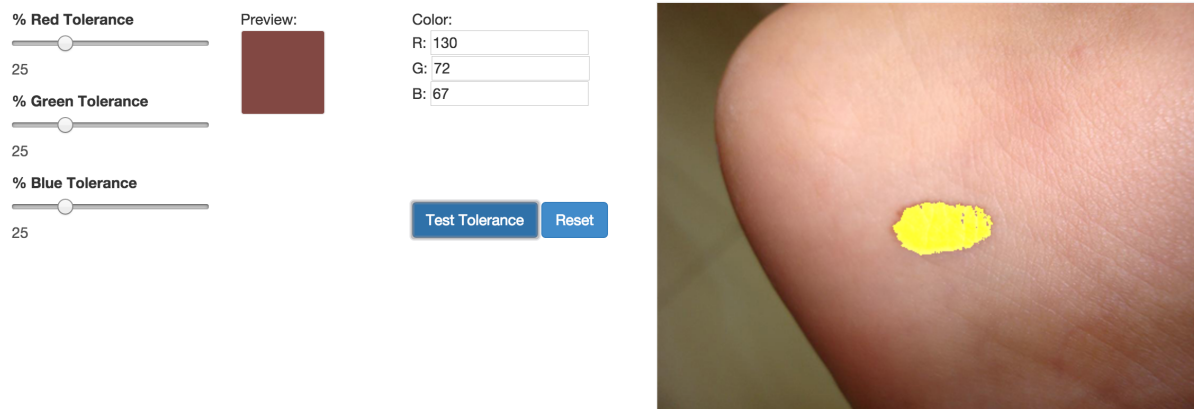
$$\text{Intervalo canal verde (ICV):} \quad 150 \pm (0,9 * 255) \Rightarrow 0 \leq ICV \leq 255$$

$$\text{Intervalo canal azul (ICA):} \quad 80 \pm (0,25 * 255) \Rightarrow 12 \leq ICA \leq 144$$

El valor 255 es utilizado porque es el valor máximo que puede tomar un canal RGB, luego con ello se garantiza que si la tolerancia es 100% se cubra el canal entero cualquiera sea el valor del canal seleccionado.

De esta forma el usuario podrá ajustar la tolerancia para que cubra todos los píxeles de la imagen, tal y como se puede observar en la figura 2. Conviene destacar en este sentido, el hecho de que los datos obtenidos durante este proceso se incluyen en el informe final de análisis, con el fin de que en futuras muestras se puedan aplicar exactamente los mismos parámetros para aislar la lesión y poder de esta forma aplicar los mismos criterios de segmentación e identificación de la región, los cuales son específicos para esa lesión de un determinado paciente.

Step 2: Click on the stain to pick up its color and to test the tolerance to select the correct area.



Run Analysis

Figura 2. Selección de la lesión (obtenida de la aplicación realizada)

## 2.2 Análisis y propiedades de la lesión dermatológica

Una vez aislada la lesión, los parámetros que han permitido su selección e identificación son enviados al *back-end* de la aplicación, así como la propia imagen. Haciendo uso de todos ellos y de la librería de JAVA, cuyos detalles se proporcionan más adelante, se accede píxel a píxel a todos los que conforman la lesión segmentada aplicando la técnica de crecimiento de regiones, a continuación se procede a realizar los análisis pertinentes para su caracterización definitiva.

Básicamente los análisis realizados se pueden dividir en dos, en función de dos características fundamentales que pueden definir la evolución de la afección. Estas características se sintetizan por un lado en la textura y color, que son indicativos del aspecto que presenta la lesión de cara a determinar si la misma ha evolucionado en sentido positivo o negativo. Por otro lado, el tamaño de la misma resulta igualmente significativo en el sentido de que los aumentos de tamaño son claros indicativos de su evolución en uno u otro sentido.

## 2.2.1 Textura y color

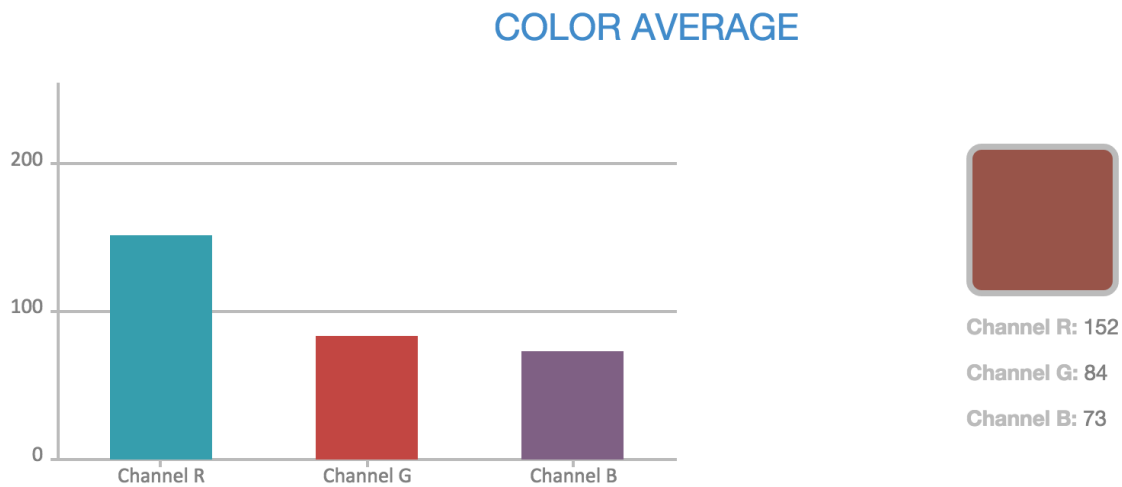
Textura y color son dos indicadores susceptibles de análisis, ya que proporcionan al profesional en dermatología información suficiente sobre ciertas características útiles de la lesión, el cambio de tonalidad en cuanto a una evolución hacia un mayor o menor grado de oscurecimiento suele ser un indicador bastante importante. También otro tipo considerado relevante es la textura, ya que en una lesión dermatológica también puede ser un indicativo potente de la evolución de la misma. Para el primer tipo de indicador relacionado con el color, nos fijamos principalmente en los valores de las componentes espectrales en el modelo de color RGB de cada píxel. Para la textura se analizará mayormente la diferencia y relación entre todos los píxeles de la lesión, sabiendo de esta forma si estas variaciones indican una diferencia de relieve continuado que componga a su vez una textura determinada.

El conjunto de descriptores que se proponen a continuación tienen su base en el análisis del histograma de las imágenes (Pajares y Cruz, 2007; Pajares y col., 2003). El histograma de una imagen representa el número de veces que un valor de intensidad aparece en la misma. Para una imagen en color se obtienen los correspondientes histogramas de sus canales, así en el modelo de color RGB, que es el que nos ocupa, se tienen tres histogramas, uno por cada canal. De forma gráfica para cada uno de los canales, el histograma muestra la representación de los valores de intensidad en forma de barras, dado que en las imágenes analizadas los valores de intensidad varían en el intervalo  $[0, 255]$ , en dicha representación gráfica el eje horizontal posee un rango de valores en dicho intervalo

- a) **Media de color:** La media de color se realiza recorriendo todos los pixeles de la lesión aislada y sumando todos los valores separados por canales que definen el pixel. Una vez terminado se divide el dato obtenido por canal entre el número total de pixeles de la lesión. Una vez calculada la media por canal es posible representar el color resultante compuesto por la media de canales, como es mostrado en la ecuación (1).

$$\bar{X}_{canal_{R/G/B}} = \frac{1}{totalPix} \sum_{i=1}^n CanalVal_i = \frac{CV_1 + CV_2 + \dots + CV_{totalPix}}{totalPix} \quad (1)$$

La Figura 3 muestra una representación de los valores espectrales medios para cada uno de los tres canales RGB. En la parte izquierda se muestra una representación gráfica del valor medio tomado por los canales RGB que componen cada píxel de la afección dermatológica y en la parte de la derecha la representación del color medio resultante de la media de los tres canales RGB.



*Figura 3 (Ejemplo de media obtenida de la aplicación realizada)*

**b) Descriptor de homogeneidad:** Permite determinar la dispersión de valores de intensidad de los píxeles de un determinado canal que componen la lesión. Para ello se calcula la varianza por cada canal, que proporciona las desviaciones de los valores de intensidad respecto de la media para el mencionado canal. A mayor varianza mayor dispersión. Con el fin de normalizar los valores de homogeneidad al rango [0,1], se propone la expresión dada por la ecuación (2), para ello se calcula la máxima diferencia del valor de un canal de un píxel con respecto a la media, esto permite relativizar el resto de valores respecto del máximo valor por canal.

$$Descr.Homog.canal_{R/G/B} = \frac{1}{1 + \left( \frac{Max\ dif.\ pix.\bar{X}_{R/G/B}}{\sigma^2 canal_{R/G/B}} \right)} \quad (2)$$

Donde la máxima diferencia entre los valores de cada canal y el valor medio de dicho canal viene dada por la expresión (3).

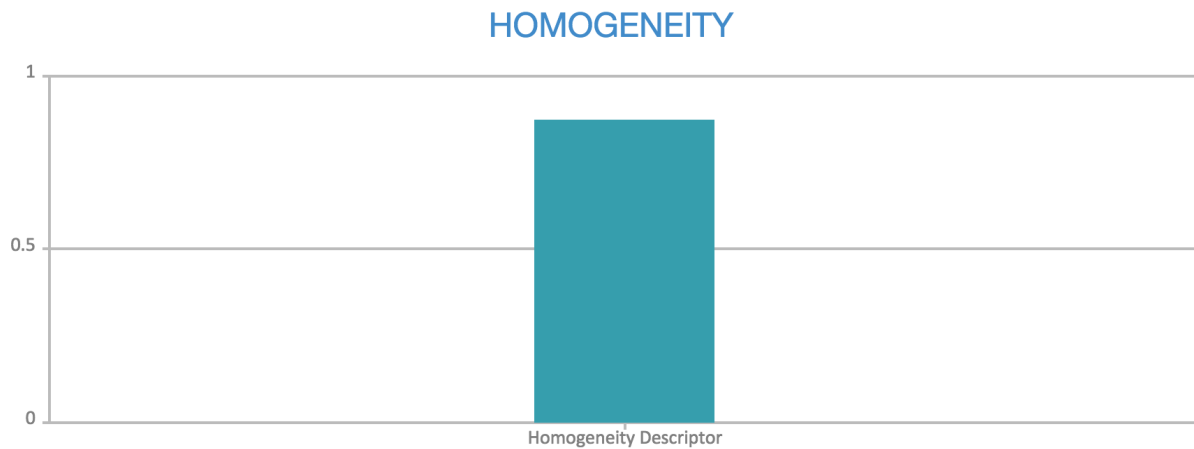
$$Max\ dif.\ pix.\bar{X}.canal_{R/G/B} = Max(CanalVal_1 - \bar{X}canal_{R/G/B}, \dots, CanalVal_n - \bar{X}canal_{R/G/B}) \quad (3)$$

Donde la varianza en cada canal de color se obtiene mediante la ecuación (4).

$$\sigma^2 canal_{R/G/B} = \frac{\sum_{i=1}^n (CanalVal_i - \bar{X}canal)^2}{totalPix.} \quad (4)$$

Cuanto mayor sea la cercanía del descriptor de homogeneidad a la unidad mayor es la homogeneidad de los píxeles de la lesión, de forma que una lesión totalmente homogénea en color tendría un valor de la unidad.

Una vez calculado el descriptor de homogeneidad para cada canal es posible hallar su media con respecto a todos los pixeles de los tres canales RGB que pertenecen a la lesión bajo estudio, obteniendo finalmente el indicador estadístico. En la Figura 4 se muestra el valor de homogeneidad para el ejemplo de imagen mostrado en las figuras 1 y 2.



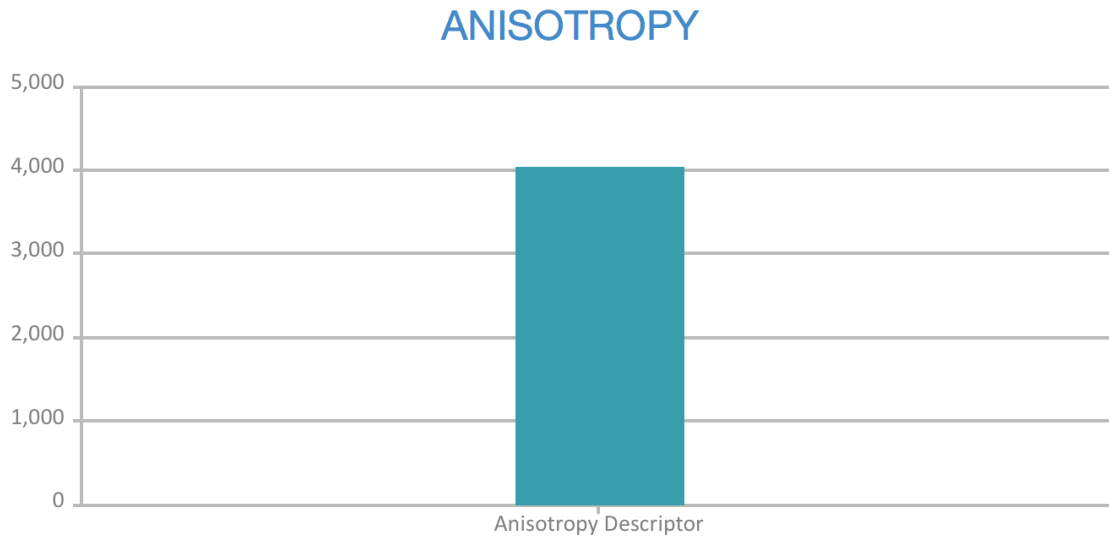
*Figura 4. Descriptor de Homogeneidad (obtenida de la aplicación realizada)*

**c) Anisotropía:** Este índice indica si existe una mayor o menor concentración de valores del histograma hallado hacia la izquierda o la derecha según que el resultado sea negativo o positivo. Desde el punto de vista de su interpretación, lo que nos indica es que la lesión es tanto más oscura cuanto más negativo sea el valor de la anisotropía y viceversa.. Su valor se obtiene mediante:

$$Ans.canal_{R/G/B} = \frac{\sum_{i=1}^n (CanalVal_i - \bar{X}canal)^3}{totalPix} \quad (5)$$



Como en situaciones anteriores, una vez calculada la anisotropía de todos los canales es posible promediar los resultados, obteniendo un resultado global, tal y como se muestra en la figura 5, que se corresponde con la anisotropía promediada para la imagen de la lesión mostrada en la figura 1. En este caso, el valor de anisotropía indica que debido a que sus valores son positivos y en este caso también con un valor relativamente alto, la lesión analizada posee una tonalidad clara.



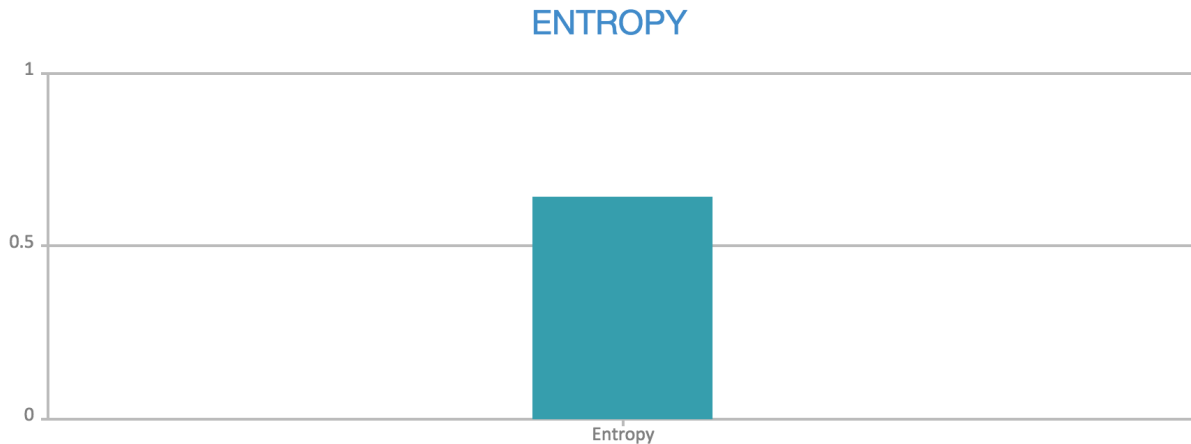
*Figura 5. Descriptor de Anisotropía*

**d) Entropía:** En los sistemas físicos la entropía mide el grado de desorden del mismo, por ejemplo el agua en estado gaseoso posee sus moléculas más libres que en estado sólido (hielo). En el primer caso la entropía es mayor que en el segundo. Desde el punto de vista de las imágenes, este descriptor, permite también determinar un cierto grado de desorden de los valores de intensidad de los píxeles en la imagen analizada, lo que se traduce en que valores altos o bajos de entropía expresan igualmente un mayor o menor desorden. En definitiva, a mayor desorden mayor variabilidad de los valores de intensidad en la muestra y viceversa. En el cálculo de la entropía intervienen las probabilidades de los valores de intensidad en la imagen, estos valores de probabilidad indican las veces que aparece un determinado valor de intensidad en cada canal RGB.

El cálculo de la entropía a partir de los valores de probabilidad para cada canal, se obtiene de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Entrop.canal_{R/G/B} = - \sum_{i=1}^n P(val.canal_i) \log P(val.canal_i) \quad (6)$$

Una vez obtenido el valor de entropía para cada canal, se calcula el valor promedio para los diferentes canales. El valor obtenido oscila entre cero y uno, cuanto más cercano a uno, mayor el índice de entropía de la lesión, a continuación un ejemplo de su representación en el informe estadístico que se muestra después del análisis de la lesión.



*Figura 6. Descriptor de Entropía*

## 2.2.2 Geometría

Estos tipos de indicadores resultan de interés para el análisis de las imágenes desde el punto de vista del diagnóstico por parte del profesional en dermatología, proporcionando un valor añadido para controlar la evolución de las lesiones. Se centran en la evolución del tamaño de la lesión a partir del número de píxeles que la componen. El tamaño determina si se está produciendo un incremento o disminución de la misma a lo largo del tiempo o si está adquiriendo una forma determinada, produciéndose en este caso deformaciones o ramificaciones de la lesión.

a) **Número de píxeles:** La cantidad de píxeles nos va a indicar si la lesión ha crecido en tamaño de una muestra a otra, lo cual es un indicador fundamental en dermatología. Para ello simplemente se ha realizado un recuento de los píxeles pertenecientes a la lesión previamente aislada. Para todos los indicadores y en especial para es fundamental, como ya se ha indicado con anterioridad, que se reproduzca el contexto de toma y aislamiento de la lesión, en particular hacer hincapié para este indicador en los parámetro de tolerancia, los cuales hacen muy sensible la variación del número de píxeles analizados. En el informe, generado por la aplicación de tratamiento de imágenes dermatológicas implementado en Dermasistem III, es mostrado como se puede observar en la figura de la derecha.

SIZE  
2282 pixels

Fig. 7. Píxeles

b) **Descriptor de forma:** Este indicador lo que muestra es la simetría que posee la imagen de la lesión, es decir si existe algún indicio de achatamiento, ya sea vertical u horizontal, lo cual en el ámbito dermatológico es un indicador muy importante para comparar la evolución de las lesiones. Para el cálculo de este parámetro, simplemente se identifican los píxeles externos y más extremos de la lesión relativos a su posicionamiento horizontal y vertical. Una vez se tienen los cuatro vértices, se mide la distancia horizontal y la vertical, y se divide una entre otra para obtener la relación de proporcionalidad. Un valor de uno determinaría que la lesión es circular.

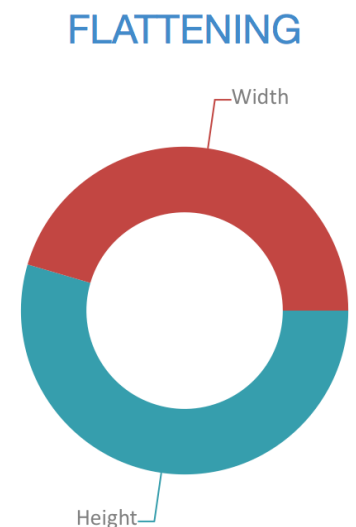


Figura 8. Descriptor de forma.

La aplicación muestra todos los resultados del análisis por pantalla. Simultáneamente, también existe la opción de descargar todos estos resultados a un archivo, para el posterior análisis comparativo de los resultados a lo largo del tiempo.

El botón que genera la descarga del archivo se encuentra en la parte superior derecha de la página de la aplicación donde todos los indicadores del informe son mostrados reunidos.

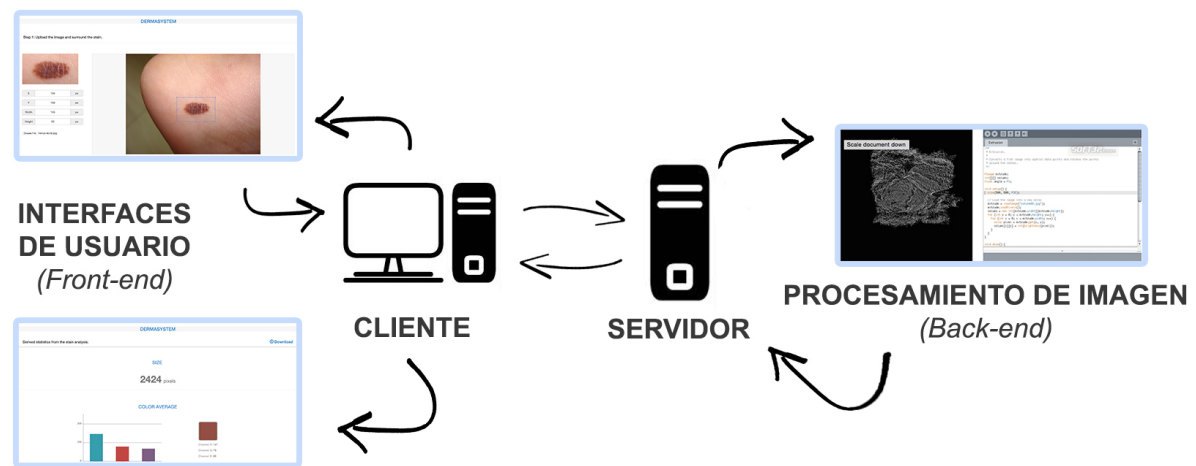
### 3. Análisis y diseño

En este tercer apartado se exponen las fases por las que ha evolucionado esta tercera versión de DermaSystem en relación con el diseño y análisis que ha hecho posible llegar a la fase de implementación satisfactoriamente y realizar ésta teniendo un plan de acción totalmente estructurado, planificado y definido.

En la Figura 9 se observa un esquema general del diseño del sistema. Se trata de un sistema relativamente ligero en el que gran parte de la funcionalidad se ha decidido que recaiga en la parte de *front-end* de la aplicación, debido a que una vez analizados los requisitos aportados por el cliente se pudo determinar que gran parte de la funcionalidad del software implica interacción con el propio usuario, por lo que las nuevas tecnologías web fueron vistas como idóneas para llevar a cabo este propósito debido a su potencial, versatilidad y al gran número de herramientas de este tipo que existen actualmente. Por este motivo y por la tendencia creciente de las últimas décadas de sustituir las rígidas aplicaciones de escritorio por aplicaciones ejecutadas en la red, las cuales aún siendo robustas facilitan el acceso desde cualquier punto del mundo sin necesidad de instalaciones en los dispositivos, disponible a través de una cotidiana conexión a Internet, se decidió que una aplicación de este tipo sería lo apropiado tanto desde el punto de vista de la realización de diagnósticos en consulta como en remoto para cualquier profesional médico, que en ocasiones puede verse obligado a acceder a este tipo de herramientas desde distintos lugares con cualquier dispositivo móvil o portátil, debido a la realización de consultas a domicilio o incluso trabajo a distancia desde cualquier punto. Por todo ello se diseñó la aplicación en un entorno cliente-servidor, que fuese ejecutada en un servidor y servida mediante un navegador al cliente, allí donde el profesional sanitario se encuentre, sin necesidad de disponer de la parte de la aplicación *back-end*.

Como se puede observar en la siguiente Figura 9, el sistema se ejecuta en un servidor de aplicaciones para JAVA, el cual servirá al cliente las páginas web necesarias para hacer llegar el *front-end* que va a interactuar directamente con el usuario final. En nuestro caso la primera parte de la aplicación que el servidor provee es el descrito en la sección 2.1 referente al aislamiento de la lesión dermatológica. En él el usuario recortará y aislará la lesión y dará la orden al cliente para que envíe todos los parámetros generados y la propia imagen de la lesión al servidor para JAVA, que es donde corriendo se ejecuta la aplicación *back-end*.

Una vez el *back-end* dispone de estos parámetros y da la orden específica para ejecutar uno de los métodos implementados, éste realiza los cálculos necesarios y procesa la imagen para obtener las estadísticas pertinentes o los parámetros geométricos demandados, las cuales servirá de nuevo al cliente para que se visitadas por el usuario y descargadas si así lo considera conveniente.



*Figura 9 Estructura del sistema*

A continuación se exponen las fases que se han realizado para el análisis y diseño del sistema. En primer lugar se analizan las especificaciones de requisitos que definen el sistema. En segundo lugar se determinan los casos de uso con su diagrama de relaciones asociado. En tercer lugar se define el esquema y diagrama de clases. Finalmente, se diseña la estructura de archivos asociada.

## 3.1 Especificación de requisitos

En este apartado se recogen los requisitos especificados tras las diversas reuniones que se tuvo con el coordinador del cliente, en contacto con la colaboradora externa, supuestamente actuando como cliente final. En estas reuniones básicamente se definieron los requisitos que debía tener el sistema para cumplir sus objetivos, que a grandes rasgos era poder cargar una imagen de una sección dermatológica, aislarla, procesarla y a su vez mostrar todos los resultados procedentes de su análisis, que a su vez permitiera su comparación en el futuro con otras lesiones. Teniendo como requisito general el aquí mostrado se planteó la siguiente especificación de requisitos, separados según su funcionalidad.

### 3.1.1 Carga de imágenes desde un dispositivo de captura o almacenamiento

Como requisito del sistema se exige que la aplicación sea capaz de cargar imágenes tomadas por el profesional sanitario en formato jpeg, gif y png.. Estas imágenes como ya se mencionó anteriormente cuando pertenecen a la misma lesión se presuponen que están tomadas en similares condiciones. El objetivo para la definición de este requisito es hacer posible el tratamiento de la imagen introduciendo ésta al sistema desde el dispositivo del propio usuario. Estas imágenes son guardadas en primera instancia en el *front-end*, si bien serán transmitidas hasta el *back-end* de la forma descrita anteriormente.

### 3.1.2 Aislamiento de la lesión dermatológica

Como requisito fundamental del sistema, en aras de poder realizar el análisis de forma efectiva, es el poder aislar la lesión dermatológica de su contexto. Esto supone que se identifique qué parte corresponde a la afección dermatológica y cuál no, como por ejemplo el resto del cuerpo y piel del paciente o dado el caso fondos de imagen que puedan aparecer procedentes del lugar donde se tomó la muestra o incluso brillos o partes en el interior de la lesión que no han de ser considerados como tal, por ejemplo si parte del interior de la lesión corresponde a piel sana del paciente.

### 3.1.3 Procesamiento lesión dermatológica

Otro requisito fundamental del sistema es el que éste pueda procesar la imagen de la lesión con el fin de poderla analizar y obtener conclusiones procedentes del tratamiento de la misma. Como requisito tecnológico se especificó que su procesamiento se realizara utilizando el lenguaje de programación JAVA, por su potencialidad en el procesamiento de imágenes y por ofrecer varias librerías especializadas en este tipo de menesteres, cuyas bondades se determinaron hace ya más de una década (Pajares y col. , 2003). En cuanto a la velocidad de procesamiento como requisito no fue citada, aunque se presupone que ha de ser aceptable para servir la información en un tiempo razonable.

Deberán hallarse, fruto del procesamiento, los resultados estadísticos y geométricos mínimos necesarios para llevar a cabo un análisis de la evolución de la lesión dermatológica aislada así como en conjunto con otras imágenes, una vez se disponga de un conjunto de resultados provenientes de varias lesiones tomadas a lo largo de un periodo de tiempo en distintos momentos.

### 3.1.4 Exposición de los resultados de procesamiento

Este requisito determina que los datos obtenidos como resultados, fruto del procesamiento de la lesión dermatológica, han de ser susceptibles de ser mostrados al profesional sanitario, preferiblemente de forma clara ordenada y de la forma más amigable posible para su comprensión inmediata con el mínimo esfuerzo. Además, cada uno de ellos deberá contener una breve reseña explicativa sobre su significado.

### 3.1.5 Almacenaje de los resultados de procesamiento

Es requerimiento del sistema que los datos generados puedan ser almacenados en el dispositivo desde el cual se ejecuta la aplicación en aras de poder analizar estos datos con futuros datos de la misma muestra tomada en otro instante de tiempo.



## 3.2 Especificación de casos de uso

Los siguientes casos de uso describen todas las acciones interactivas que los actores, en este caso el profesional sanitario, pueden realizar operando con el sistema. Están fuertemente ligados con la especificación de requisitos listada en el apartado anterior. Se ha tenido en consideración el hecho de que en esta tercera versión de DermaSystem los requisitos determinan que el usuario es un actor principal en todos ellos. A continuación aparecen listados los casos de uso identificados en la nueva versión del sistema. En la siguiente tabla, CU-X representa el caso descrito con su número de identificación correlativo indicado por X.

ID	UC-1
Título	Cargar imagen de la lesión
Descripción	El usuario carga una imagen desde su dispositivo al sistema
Actor principal	Usuario
Precondiciones	Inexistentes
Postcondiciones	1. La imagen es cargada en el cliente, en particular en el form de la página
Escenario Principal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario hace click en el botón de subir imagen</li> <li>2. Selecciona la imagen de la lesión del paciente y hace click en aceptar</li> <li>3. La imagen se carga visualmente en el espacio del front-end destinado para ello</li> </ol>
Extensiones	3a) Archivo seleccionado no es una imagen o no tiene formato válido <ol style="list-style-type: none"> <li>1. No se cargará nada en el espacio del front-end destinado para ello</li> </ol>
Frecuencia de uso	ALTA
Prioridad	ALTA

ID	UC-2
Título	Recortar imagen de la lesión
Descripción	El usuario recorta la imagen cargada en el sistema
Actor principal	Usuario
Precondiciones	1. Tiene que haber una imagen cargada en el lugar destinado para el recorte
Postcondiciones	1. Al producirse el recorte se definen los parámetros que determinan su nueva área
Escenario Principal	1. El usuario recorta la imagen ajustando, arrastrando o creando nuevos puntos que definen el área de recorte
Extensiones	Inexistentes
Frecuencia de uso	ALTA
Prioridad	MEDIA

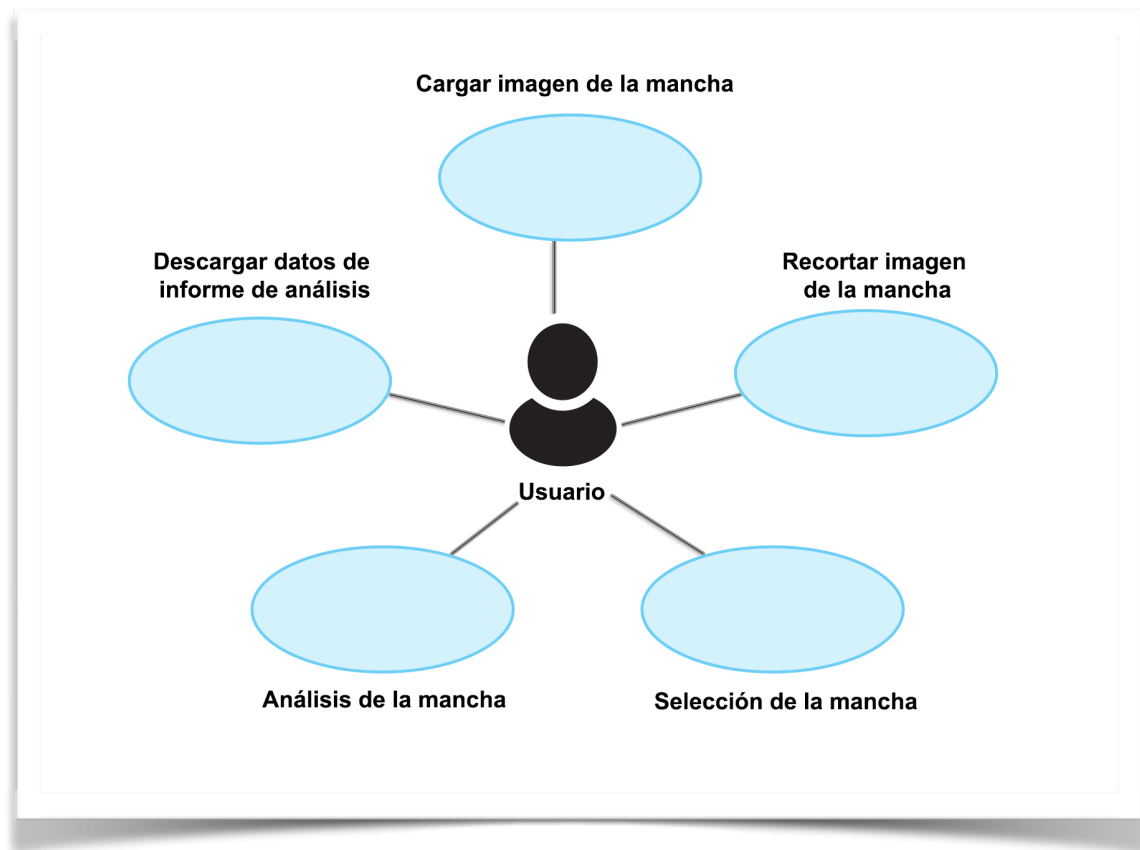
ID	UC-3
Título	Selección de la lesión
Descripción	El usuario selecciona la lesión mediante la selección de un píxel representativo y mediante la búsqueda de píxeles similares, definida esta similitud por índices de tolerancia por cada canal RGB
Actor principal	Usuario
Precondiciones	1. Tiene que haber una imagen cargada en el lugar destinado para el recorte
Postcondiciones	1. El área de la lesión queda seleccionada y son definidos los parámetros que determinan donde se encuentra la lesión
Escenario Principal	1. El usuario selecciona un píxel representativo de la lesión 2. Selecciona los niveles que cree adecuados de tolerancia de selección para cada canal 3. El usuario hace click en el botón de test de los parámetros introducidos
Extensiones	3 a) El resultado no es el esperado, necesita reajustes. 1. Pulsar el botón de reset para decepcionar la lesión. 2. Volver al punto 1 o 2 del escenario principal.
Frecuencia de uso	ALTA
Prioridad	ALTA

ID	UC-4
Título	Análisis de la mancha
Descripción	Se analiza la mancha con el fin de obtener resultados estadísticos sobre sus características para mostrárselas al usuario
Actor principal	Usuario
Precondiciones	1. Tiene que haber una imagen cargada en el lugar destinado para el recorte
Postcondiciones	1. Se muestra al usuario los resultados estadísticos visuales del análisis de la mancha aislada proveída
Escenario Principal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario selecciona la opción de analizar la mancha</li> <li>2. El sistema realiza el procesa la imagen de la mancha aislada y genera las estadística</li> <li>3. Se muestran las estadísticas de forma visual al usuario</li> </ol>
Extensiones	Inexistentes
Frecuencia de uso	ALTA
Prioridad	ALTA

ID	UC-5
Título	Descargar datos de informe de análisis
Descripción	El usuario descarga los datos estadístico generados tras el análisis de la mancha dermatológica
Actor principal	Usuario
Precondiciones	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tiene que haberse cargado una imagen</li> <li>2. Se ha tenido que analizar la mancha y generar sus estadísticas resultado</li> </ol>
Postcondiciones	1. Un archivo de texto es descargado en el dispositivo del usuario
Escenario Principal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario hace click sobre el botón de descarga</li> <li>2. Se descarga el archivo de resultados en su dispositivo físico</li> </ol>
Extensiones	Inexistentes
Frecuencia de uso	MEDIA
Prioridad	MEDIA

### 3.3 Diagrama de casos de uso

En la Figura 10 se muestra el diagrama de casos de uso, que resume y visualiza los casos de uso definidos previamente. Se puede observar claramente cómo el usuario está relacionado con todos los casos de uso, de hecho es el precursor y actor principal en cada uno de ellos. Las elipses representan los casos de uso, el icono representa al propio usuario y por último las líneas son asociaciones de comunicación entre usuario y casos de uso.



*Figura 10. Diagrama de casos de uso*

### 3.4 Diagrama de clases

La Figura 11, muestra el diagrama de clases diseñado específicamente para el sistema propuesto. En dicho esquema la clase más importante del sistema es la clase del *back-end* llamada Analysis, que básicamente es la que posee el método doPost heredado de la clase HttpServlet que permite crear el sistema cliente-servidor (definido por el protocolo Servlet en la clase GenericServlet), tal y como se especificó previamente. La clase Analysis se utiliza una vez la lesión ha sido aislada.

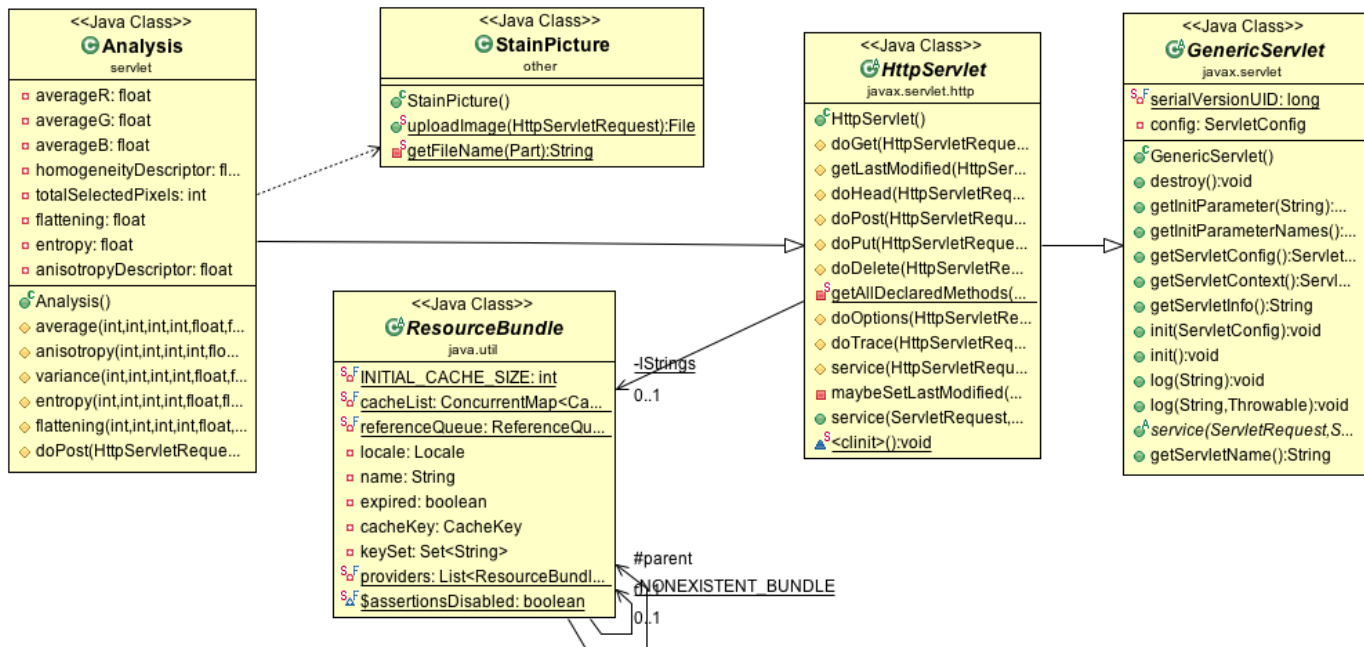


Figura 11. Diagrama de clases

Como podemos ver también posee todos los métodos necesarios (average, anisotropy, variance, entropy, flattening) y atributos (totalSelectedPixels entre otros) para generar las estadísticas producto del análisis de la imagen enviada desde el cliente a través de la respuesta del Servlet. Por otra parte la clase StainPicture es utilizada para todo lo relativo con guardar la imagen en el servidor donde está siendo ejecutada la aplicación. La clase ResourceBundle simplemente es heredada por el Servlet para manejar los String preparando el sistema en caso de que se quisieran añadir nuevas funcionalidades, tales como por ejemplo traducir los mensajes e información a múltiples idiomas. La clase ResourceBundle simplemente es heredada por el Servlet para manejar los String preparando el sistema en caso de que quisiéramos traducirlo a múltiples idiomas por ejemplo.

### 3.5 Sistema de archivos

Como se observa en la estructura de archivos mostrada en la figura 12 y que configuran la base de la aplicación para DermaSystem, existe una carpeta llamada *src* que es donde se encuentran las clases .java encargadas de formar el *back-end* de la aplicación. En ellas, como ya se ha explicado previamente, se encuentra el Servlet que se instala y ejecuta en el servidor, que conectará con la parte de *front-end* que se describe a continuación. Seguidamente aparecen las librerías utilizadas. Apache Tomcat v7.0 son utilizadas para la operatividad del servidor Tomcat, donde se ejecutará la aplicación. Web App Libraries y Reference Libraries poseen el contenido necesario para utilizar JAI, que es la librería utilizada para el procesamiento de imágenes, tal y como se especificó previamente. JRE System Library es necesaria para la ejecución y desarrollo de código JAVA.

Por último hay que destacar la parte de *front-end*, que básicamente es donde se encuentran las interfaces de usuario y sus recursos. En la carpeta *src* dentro del contenido web se encuentra la funcionalidad web, los archivos de JavaScript necesarios para utilizar JQuery, para recortar, seleccionar y aislar la lesión.

Al mismo nivel en la estructura de archivos que las carpetas anteriores se encuentran, los archivos de estilo css y las interfaces *index.html*, que representa el inicio de la aplicación y donde se encuentra alojada la función de aislamiento de la lesión, así como *stats.html*, este último es la interfaz que recibe la respuesta del servidor con los datos resultantes del procesamiento, se encarga también de mostrar gráficamente los datos al usuario.

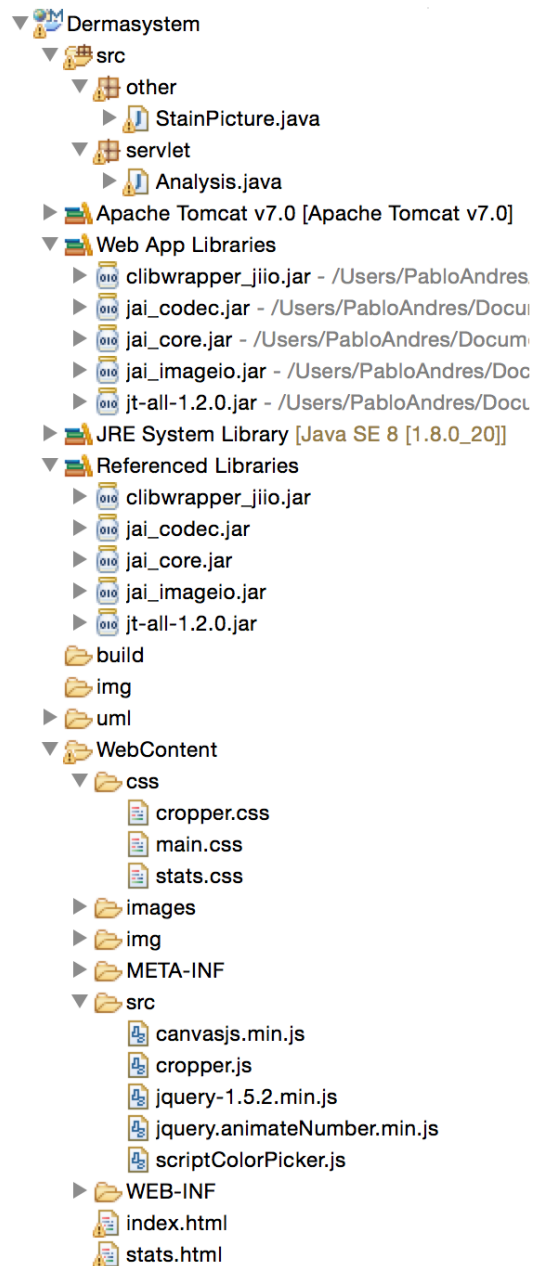


Figura 12. Estructura de archivos

## 4. Implementación

Una vez analizado y definido el diseño del sistema, en esta sección se describe la implementación del sistema, en particular las tecnologías que se han utilizado durante este proceso, las interfaces del sistema y por último la plataforma y requisitos de implementación derivados para el desarrollo de la aplicación.

### 4.1 Tecnologías utilizadas

**Java:** es uno de los lenguajes de programación más populares y usados hoy en día, siendo a la vez en esencia un lenguaje orientado a objetos. Además de ello, como se mencionó previamente, se eligió por sus prestaciones, por soportar librerías específicas de tratamiento de imágenes y por haber sido utilizado con éxito en las versiones previas de DermaSystem así como en los desarrollos planteados hace ya tiempo en Pajares y col. (2014).

**Java Advanced Imaging (JAI, 2015):** es una plataforma Java que provee de un conjunto de interfaces bajo el paradigma de la programación orientada a objetos para el procesamiento de imágenes. Éste ha sido exactamente el propósito para el que se ha utilizado en este proyecto, más específicamente para procesar las imágenes de las lesiones dermatológicas con el fin de poder extraer sus resultados.

**JavaScript:** lenguaje orientado a objetos, basado en prototipos, imperativo, débilmente tipado y dinámico. Se utiliza principalmente en la parte del cliente, como es el caso de del diseño planteado para la aplicación DermaSystem para dotar de funcionalidad a la estructura estática del *html*.

**Jquery:** es un conjunto de librerías JavaScript que facilita la programación en lenguaje JAVA.

**Html:** es el lenguaje de etiquetas, que es utilizado en el sistema para elaborar la parte estática de las interfaces.

**CSS:** es el lenguaje utilizado para aportar estilo a las páginas Html, con ello se ha creado la imagen corporativa a la vez que se ha proporcionado un interfaz amigable desde el punto de vista del usuario.

**Bootstrap:** es un framework de CSS que ayuda a proporcionar un estilo apropiado para las páginas web de forma sencilla e intuitiva.

**Cliente-Servidor:** es el modelo de aplicación que se ha utilizado para la aplicación web en que se fundamenta DermSystem. Básicamente se basa en un programa cliente para el que se utiliza un navegador que realiza peticiones a un servidor para llevar a cabo el procesamiento de las imágenes en el lado del cliente, mostrando los resultados y contenido al usuario.

**Tomcat:** es el nombre o tipo del servidor seleccionado, especialmente utilizado para la programación cliente-servidor con el uso de Servlets ejecutados en el lado del servidor para la disposición de páginas web.

**IDEs:** es el entorno de desarrollo que ha facilitado el desarrollo de la aplicación con el uso de sus librerías, correctores de sintaxis, funcionalidades de autocompletar y el conjunto de funcionalidades asociadas. Para este proyecto ha sido utilizado Eclipse Java EE IDE for Web Developers. Version: Luna Service Release 1 (4.4.1)

## 4.2 Interfaces

Como se introdujo previamente en la sección dos, existen dos interfaces que interactúan con el usuario, la primera le facilita el mecanismo para cargar la imagen de la lesión, procediendo posteriormente a su recorte y aislamiento del contexto. Una vez hecho esto envía los parámetros de corte y la imagen recortada hacia el *back-end* de la aplicación.

La segunda interfaz recibe los resultados del análisis y procesamiento de la afección dermatológica, encargándose de mostrar al usuario estos datos, para ello se utilizan gráficos tanto de tipo estadístico como geométricos para facilitar una mejor comprensión relativa al análisis de la imagen. También proporciona un mecanismo para guardar estos datos en un archivo físico para su posterior análisis comparativo con otras imágenes tomadas durante la historia médica del paciente.



## 5. Manual de usuario

Para ejecutar la aplicación, es necesario que los archivos que la componen estén situados bajo un servidor que soporte aplicaciones web realizadas en lenguaje JAVA. El funcionamiento entonces es como la mayoría de aplicaciones web, usando la ruta donde está situada la aplicación automáticamente será ejecutado el archivo web de inicio de la aplicación, en este caso index.html. Todo el código fuente necesario para su correcto funcionamiento está alojado en la estructura de ficheros de la aplicación, no es necesario poseer acceso a internet.

Al iniciar la aplicación, el primer paso es cargar la imagen de la lesión pulsando el botón de la parte inferior izquierda mostrado en la Figura 11.

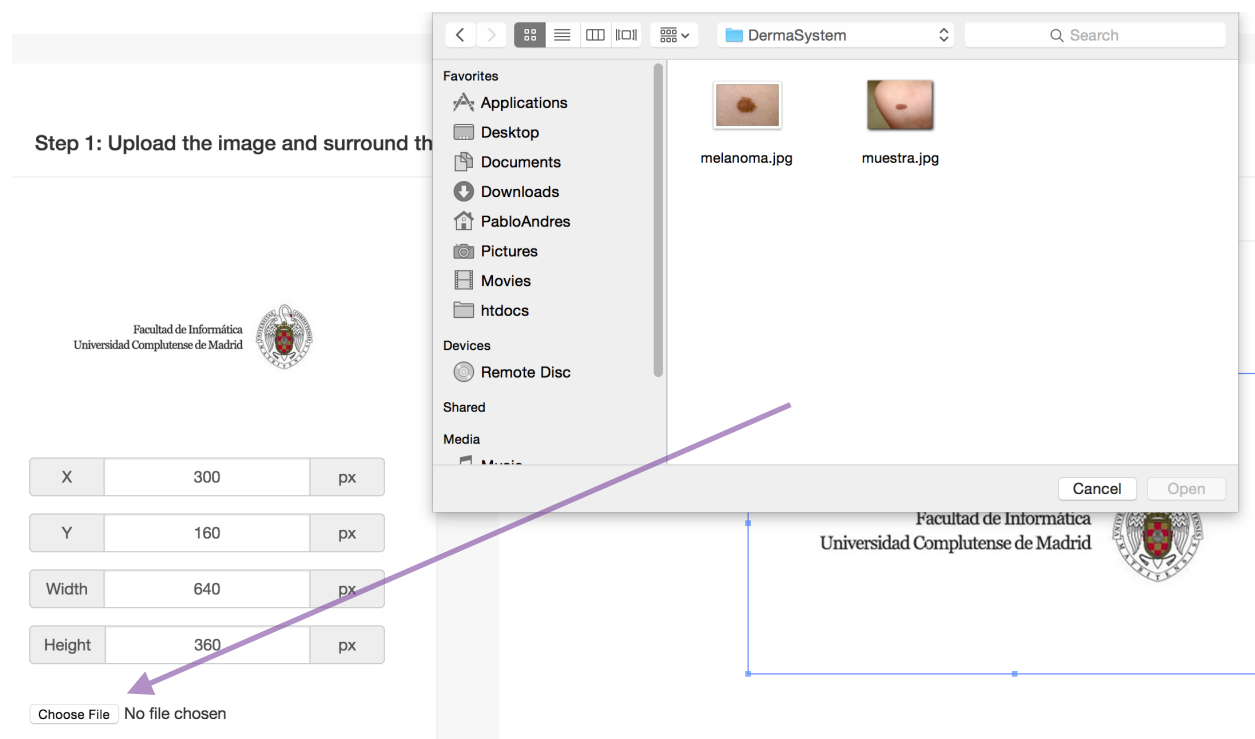
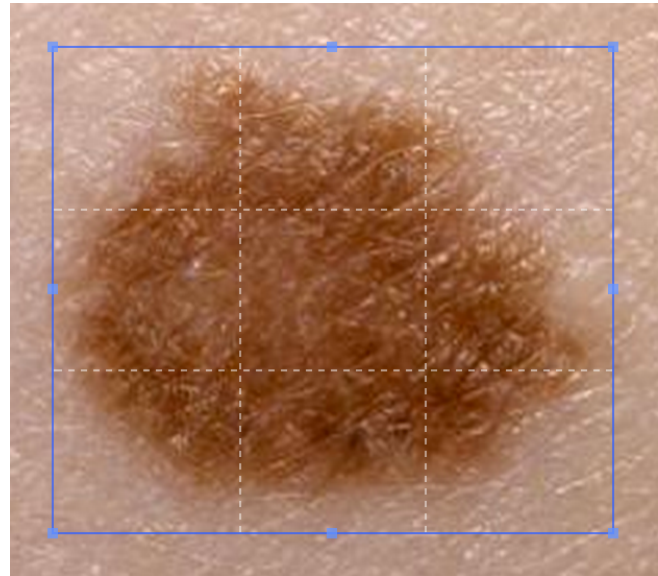


Figura 13. Carga de imagen de la lesión

Una vez cargada la imagen en el sistema, esta será mostrada en la parte derecha de la pantalla, como se puede comprobar en la Figura 14. Este módulo ofrece la opción al usuario de recortar la imagen para aislar la lesión de otra o de elementos ajenos a la piel, como por ejemplo el fondo de la imagen. Para seleccionar la imagen se muestra un rectángulo azul que ha de ser ajustado pulsando y arrastrando en cualquiera de sus vértices o aristas. Si se quiere crear un rectángulo nuevo, es posible pulsando sobre el fondo de la imagen y arrastrando el cursor sin dejar de pulsar.



*Figura 14. Recorte de la lesión*

Una vez seleccionada el área de recorte, no es necesario pulsar ningún botón para confirmarlo, la selección es guardada para ser utilizada en el siguiente paso, la selección y aislamiento de la lesión. Como es mostrado en la figura 15, para el aislamiento y selección de la lesión es facilitada una herramienta compuesta de tres barras horizontales ajustable para definir el valor de tolerancia de cada canal RGB a la hora de seleccionar la lesión. Para ello previamente es necesario pulsar sobre la lesión mostrada en la parte lateral derecha para que el sistema tenga la referencia de color sobre la que aplicar la tolerancia de los canales. Esta referencia de color es mostrada visualmente en el cuadrado pigmentado y por canales a su derecha.

**% Red Tolerance**

48

**% Green Tolerance**

13

**% Blue Tolerance**

44

Preview:

Color:

R: 120

G: 58

B: 26

Test Tolerance

Reset

*Figura 15. Selección de color de referencia y tolerancia de los canales*

Una vez seleccionado los parámetros de tolerancia, es posible probar el resultado de selección pulsando en el botón de test de tolerancia mostrado en la parte inferior derecha de la Figura 16, la prueba de selección de la imagen será mostrada en amarillo, como se muestra en la Figura 14. Si el resultado no es el deseado para volver a probar los nuevos parámetros sobre la imagen es necesario pulsar el botón situado junto al de test de tolerancia para borrar la selección de la imagen.



Figura 16. Prueba de selección

Debajo de la imagen seleccionada se encuentra el botón que una vez pulsado ejecutará la orden de procesamiento de la parte de la imagen seleccionada y aislada. El resultado de este proceso será el reporte de un informe visual de análisis donde se muestran todos los descriptores resultantes del análisis como se puede ver en la figura número 16, en la que se muestran los dos primeros. Es posible obtener una versión en texto, pulsando en el botón de la parte superior derecha.

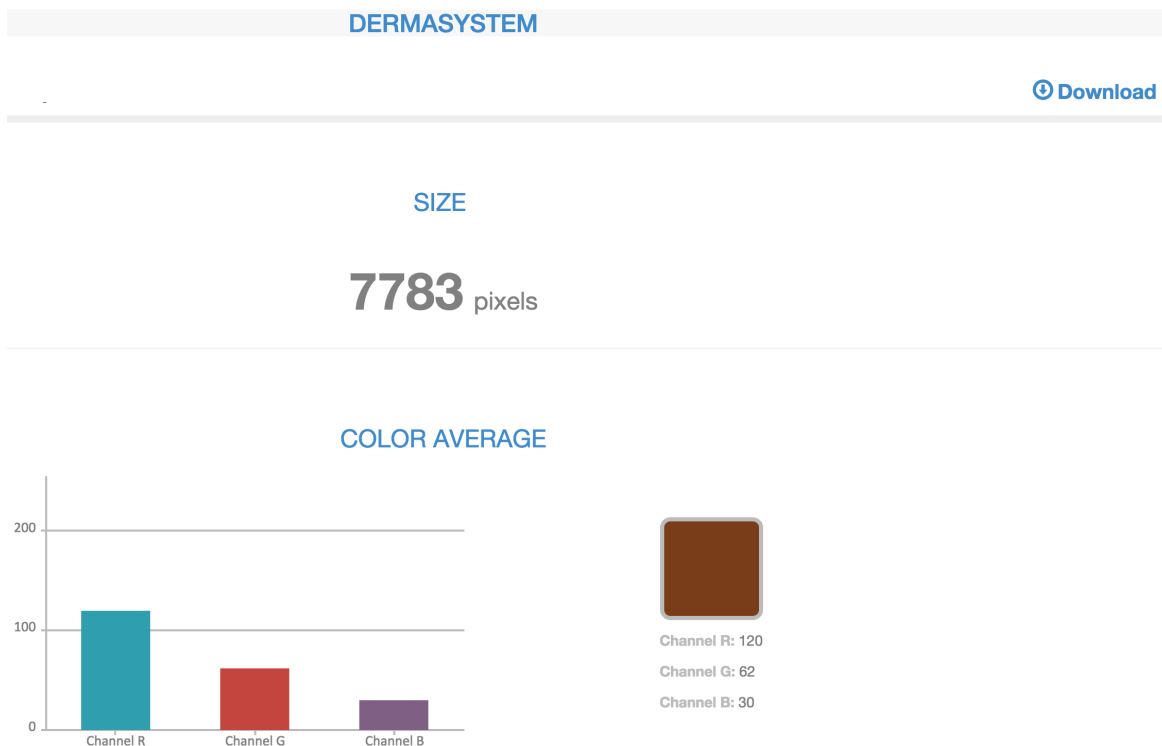


Figura 15. Informe compuesto de los descriptores.



## 6. Conclusiones y futuro

### 6.1 Conclusiones

DermaSystem es un sistema de gestión de pacientes en el ámbito dermatológico. En el marco del presente proyecto se ha dotado de una funcionalidad que implica una mejora en relación a versiones anteriores. Concretamente, se presenta una aplicación capaz de cargar imágenes relativas a afecciones dermatológicas, siendo posible aislarlas y procesarlas con el fin de generar suficientes datos para controlar la evolución de la lesión en el tiempo, sirviendo de ayuda al dermatólogo.

Para su realización han sido especificados los requisitos necesarios para el cumplimiento de los objetivos y prestaciones esperadas, se ha analizado y diseñado de una forma eficiente, habiéndose implementado convenientemente. La presente memoria recoge los elementos que la caracterizan junto con los planteamientos y desarrollos realizados.

Se ha planteado como objetivo principal colaborar en el desarrollo del sistema DermaSystem en sus versiones previas. El sistema se plantea como una herramienta útil en dermatología, tanto para el profesional médico como para sus pacientes, ya que ambos pueden ver mejorado el proceso de diagnóstico de la afección tratada. En este sentido es posible realizar una gestión más efectiva en términos de tiempo, recursos y gestión en tratamientos de pacientes dermatológicos, incluso los beneficios pueden extenderse en un futuro a personas que se beneficien de un tratamiento a distancia con futuras versiones de DermaSystem, que es la evolución natural hacia la que tiende esta aplicación.

### 6.2 Futuro de la aplicación

Al haberse planteado el diseño desde el paradigma basado en el modelo cliente-servidor, la aplicación podrá ser accedida desde cualquier lugar, por lo tanto puede ser sencillo conectarlo con el resto del sistema, enviando por ejemplo la información resultante del análisis y procesamiento de la lesión del paciente al sistema de gestión de DermaSystem creado en versiones anteriores. Por tales motivos resulta sencilla la futura escalabilidad del sistema.

Por otra parte, sería interesante crear una aplicación móvil a partir de esta aplicación implementada, la cual podría tomar las imágenes, por lo que no sería necesario tener un dispositivo fotográfico específico ya que estaría todo integrado en la plataforma móvil. En este caso la integración sería sencilla debido al gran auge hoy en día de las tecnologías en este sentido, tal como PhoneGap que es un framework con el que se podría implementar la aplicación móvil (*app*) usando simplemente el *front-end* ya desarrollado. Respecto al procesamiento de la imagen se puede crear un servicio web en el servidor que sea llamado desde la *app* enviando todos los parámetros de aislamiento y la imagen para posteriormente recibir el resultado del análisis.

Es de suponer que los avances tecnológicos va a facilitar que aplicaciones como la desarrollada van a estar cada vez más presentes en el ámbito sanitario, especialmente en dermatología, pero también en otras especialidades en las que el procesamiento de imágenes tomadas de pacientes pueda facilitar tanto el diagnóstico como el control o la evolución de sus afecciones.

## 6.3 Conclusions

DermaSystem is a management patients system related to the dermatological field. In this project has been provided a functionality that represents the evolution of previous versions. An application capable to load dermatological images has been developed, being possible to isolate and process the images in order to generate sufficient data to monitor the stain evolution, which is for sure potentially helpful for dermatologists.

In order to its accomplishment, proper requirements have been specified to reach the expected goals and performance and it has been analyzed, designed and implemented efficiently. Herein includes the elements that define it, along to the related approaches and developments.

The main goal has been the collaboration in the DermaSystem development. The system has been raised as a dermatological tool, for both patients and healthcare professional, due to either can be benefited by diagnostic process improvement for the treated dermatological disease. In this way, it is possible to make a more optimal management in terms of time, resources and better dermatological treatment for patients, even in the future the benefits could be extended for people who is being treated on line using future DermaSystem versions, which is the natural trend of this application.

## Bibliografía

- Álvarez, J.L., Arévalo, D., García, J. Marhuenda, C. (2014). DermaSystem : gestión informática en dermatología. Trabajo Fin de Grado. Facultad de Informática. Universidad Complutense, Madrid. <http://eprints.ucm.es/30188/> (accedido Junio 2015).
- JAI (2015). Java Advanced Imaging. [http://download.java.net/media/jai/builds/release/1\\_1\\_3/INSTALL.html](http://download.java.net/media/jai/builds/release/1_1_3/INSTALL.html) (accedido Junio 2015).
- Llorente, S., Muñoz, C.S. y Olivar, J.C. (2013). Derasystem: gestión informática en dermatología. Trabajo Fin de Grado. Facultad de Informática. Universidad Complutense, Madrid. <http://eprints.ucm.es/30216/> (accedido Junio 2015).
- Martínez-Bencardino, C. (2014) Estadística aplicada, ECOE-Ediciones, Madrid.
- OpenCV (2015). Open Source Computer Vision. <http://opencv.org/> (accedido Junio 2015).
- Pajares, G. y Cruz, J.M. (2007). Visión por Computador: imágenes digitales y aplicaciones, Ra-Ma, Madrid.
- Pajares, G. Cruz, J.M., Molina, J.M., Cuadrado, J. López, A.(2003). Imágenes Digitales: procesamiento práctico con JAVA, Ra-Ma, Madrid.